

**VŠB - Technická univerzita Ostrava**

**Fakulta strojní**

**Katedra výrobních strojů a konstruování**

**Laboratorní plazmová pec se studenou tavící pánví**

**Laboratory Plasma Smeltery with Cold Ladle**

**Student: Bc. Michal Chuchma**

**Vedoucí bakalářské práce: Ing. Zdeněk Noga, CSc.**

**Ostrava 2011**

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Michal Chuchma**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství  
Specializace: 20 Výrobní stroje a zařízení  
Téma: **Laboratorní plazmová pec se studenou tavicí pánví**  
**Laboratory Plasma Smelters with Cold Ladle**

### Zásady pro vypracování:

Pro potřebu laboratoří FMMI navrhnete laboratorní polo-kontinuální plazmovou pec se studenou pánví. Při zpracovávání 3D modelu konstrukčního návrhu zařízení vycházejte z jeho stávajícího provedení. Pozornost věnujte zejména zabezpečení chlazení navrhovaného zařízení, prostorovým možnostem umístění studené tavicí pánve a diagnostice.

### Proved'te:

1. Technickou zprávu s popisem funkce navrženého zařízení a potřebnými výpočty ve členění – seznam požadavků, funkční a orgánová struktura, morfologická matice a stavební struktura.
2. 3D model konstrukčního návrhu zařízení.
3. Výrobní výkresovou dokumentaci tavicí sekce.

Rozsah výťahu z Diplomového projektu v textové části práce cca 5str., rozsah výkresové části min. 2A0.

### Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

HUBKA, V. *Konstrukční nauka*. Zürich: Heurista, 1995. 105s. ISBN 80-90 1135-0-8.

LITERÁRNÍ REŠERŠE – zpracovaná v rámci Diplomového projektu.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Zdeněk Noga, CSc.**

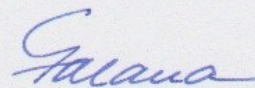
Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011



---

doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář  
*vedoucí katedry*



---

prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
*děkan fakulty*

## **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 23. května 2011

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Michael Čestný", written over a horizontal dotted line.

Podpis studenta



Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 - školní dílo.

- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).

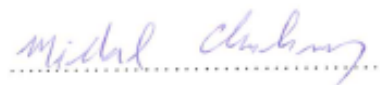
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB - TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce.

- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.

- bylo sjednáno, že užít své dílo - diplomovou práci nebo poskytnou licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB - TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o veřejných školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 23.5.2011



Plné jméno

Adresa trvalého pobytu :

Zátiší 653

763 31 Brumov-Bylnice

Česká republika

# ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Chuchma, M. *Laboratorní plazmová pec se studenou tavící pánví. Diplomová práce.* Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2011, 68 s., Vedoucí práce: Noga, Z.

Diplomová práce řeší konstrukční návrh laboratorní plazmové pece se studenou pánví. Důraz je kladen na chlazení pánve, kokily, pláště, podavačů a odcházející pecní atmosféry. Pozornost je věnována přívodu a odvodu chladicí kapaliny, sledování procesu tavení, měření teploty taveniny a teploty výstupních médií. Úvodní část se zabývá dostupnými plazmovými technologiemi a plazmovými generátory, následuje technická zpráva s popisem funkcí zařízení a potřebnými výpočty ve členění: požadavkový list, funkční a orgánová struktura, morfologická matice a stavební struktura. Přílohou je 3D model navrhovaného zařízení.

Chuchma, M. *Laboratory Plasma Smeltery with Cold Ladle. Master Thesis.* Ostrava: VŠB-Technical University of Ostrava , Fakulty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, , 2011, 68 p., leader Noga, Z.

This Diploma Thesis solves design laboratory plasma furnace with a cold ladle. The accent is put on cooling ladles, molds, feeders, and coats and leaving the furnace atmosphere. Attention is paid to the inlet and outlet of coolant, the monitoring process, melting temperature and melt temperature of output media. The introduction deals with available plasma generators and plasma technology, followed by a technical report describing the functions of the equipment and the necessary calculations in structure: list of requirements, organ function and structure, morphology and matrix structure of the building. 3D model of the proposed facility is attached.

## OBSAH:

|  |  |
|--|--|
| 1. ÚVOD .....  | 11                                     |
| 2. LITERÁRNÍ REŠERŠE .....   | <b>Chyba! Záložka není definována.</b> |
| 2.01 Plazma .....  | <b>Chyba! Záložka není definována.</b> |
| 2.02 Dělení plazmových generátorů .....  | <b>Chyba! Záložka není definována.</b> |
| 2.03 Vysokofrekvenční indukční plazma .....                                    | <b>Chyba! Záložka není definována.</b> |
| 2.04 Plazmové pece s kovovými, vodou chlazenými vertikálními krystalizátory .. | <b>Chyba! Záložka není definována.</b> |
| 2.05 Plazmová pec na univerzitě v Birminghamu .....                            | <b>Chyba! Záložka není definována.</b> |
| 3. ČLENĚNÍ DLE METODICKÉHO KONSTRUOVÁNÍ  | <b>Chyba! Záložka není definována.</b> |
| 3.01 Požadavky na hořákovou sekci .....  | <b>Chyba! Záložka není definována.</b> |
| 3.02 Požadavky na podávací zařízení .....                                      | <b>Chyba! Záložka není definována.</b> |
| 3.03 Požadavky na pánve a kokily .....   | <b>Chyba! Záložka není definována.</b> |
| 3.04 Požadavky na náhledové otvory .....                                       | <b>Chyba! Záložka není definována.</b> |
| 3.05 Požadavky na přívod a odvod médií .....                                   | <b>Chyba! Záložka není definována.</b> |
| 3.06 Schéma technického systému .....  | <b>Chyba! Záložka není definována.</b> |
| 3.07 Funkční struktura hořákové sekce .....                                    | <b>Chyba! Záložka není definována.</b> |
| 3.08 Funkční struktura podávacích zařízení .....                               | <b>Chyba! Záložka není definována.</b> |
| 3.09 Funkční struktura pánve a kokily .....                                    | <b>Chyba! Záložka není definována.</b> |
| 3.10 Funkční struktura nahlížecích otvorů .....                                | <b>Chyba! Záložka není definována.</b> |
| 3.11 Funkční struktura médií .....   | <b>Chyba! Záložka není definována.</b> |
| 3.12 Funkční struktura kontrolních a regulačních zařízení                      | <b>Chyba! Záložka není definována.</b> |
| 3.13 Funkční struktura-blokové schéma (důležité prvky)                         | <b>Chyba! Záložka není definována.</b> |
| 3.14 Organová struktura-morfologická matice .....                              | <b>Chyba! Záložka není definována.</b> |
| 3.15 Stavební struktura - hrubá stavební struktura .....                       | <b>Chyba! Záložka není definována.</b> |
| 4. VÝPOČET CHLAZENÍ HOŘÁKOVÉ SEKCE .....                                       | <b>Chyba! Záložka není definována.</b> |
| 4.01 Výpočet chlazení pláště hořákové sekce - hodnoty                          | <b>Chyba! Záložka není definována.</b> |
| 4.02 Bilanční rovnice pláště hořákové sekce .....                              | <b>Chyba! Záložka není definována.</b> |
| 4.03 Vyjádření hmotnostního toku vody .....                                    | <b>Chyba! Záložka není definována.</b> |
| 4.04 Vyjádření průřezu chladicího kanálu hořákové sekce                        | <b>Chyba! Záložka není definována.</b> |
| 4.05 Výpočet rozdílu teplot vody na vstupu a výstupu                           | <b>Chyba! Záložka není definována.</b> |

- 4.06 Výpočet teploty výstupní chladicí vody ..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 4.07 Vyjádření součinitele přestupu tepla ..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 4.08 Výpočet hydraulického průměru chladicího kanálu **Chyba! Záložka není definována.**
- 4.09 Výpočet Reynoldsova čísla ..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 4.10 Výpočet součinitele přestupu tepla ..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 4.11 Výpočet vnější teploty pláště ..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 4.12 Výpočet teploty vnitřní stěny pláště ..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 4.13 Kontrola chlazení pláště hořákové sekce pomocí bilanční rovnice **Chyba! Záložka není definována.**
5. VÝPOČET CHLAZENÍ VÍKA ..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 5.01 Výpočet rozdílu teplot vody na vstupu a výstupu **Chyba! Záložka není definována.**
- 5.02 Výpočet teploty výstupní chladicí vody ..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 5.03 Výpočet hydraulického průměru chladicího kanálu víka **Chyba! Záložka není definována.**
- 5.04 Výpočet Reynoldsova čísla ..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 5.05 Výpočet součinitele přestupu tepla ..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 5.06 Výpočet vnější teploty víka ..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 5.07 Výpočet vnitřní teploty víka ..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 5.08 Kontrola pomocí bilanční rovnice ..... **Chyba! Záložka není definována.**
6. VÝPOČET DOLNÍHO PLÁŠTĚ ..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 6.01 Výpočet rozdílu teplot vody na vstupu a výstupu **Chyba! Záložka není definována.**
- 6.02 Výpočet teploty výstupní chladicí vody ..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 6.03 Výpočet hydraulického průměru chladicího kanálu dolního pláště **Chyba! Záložka není definována.**
- 6.04 Výpočet Reynoldsova čísla ..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 6.05 Výpočet součinitele přestupu tepla ..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 6.06 Výpočet vnější teploty stěny dolního pláště ..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 6.07 Výpočet vnitřní teploty stěny dolního pláště ..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 6.08 Kontrola pomocí bilanční rovnice ..... **Chyba! Záložka není definována.**
7. VÝPOČET CHLAZENÍ PÁNVIČKY ..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 7.01 Výpočet rozdílu teplot vody na vstupu a výstupu **Chyba! Záložka není definována.**
- 7.02 Výpočet teploty výstupní chladicí vody ..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 7.03 Výpočet hydraulického průměru ..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 7.04 Výpočet Reynoldsova čísla ..... **Chyba! Záložka není definována.**



- 7.05 Výpočet součinitele přestupu tepla ..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 7.06 Výpočet teploty vnější stěny pánve..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 7.07 Výpočet vnitřní teploty stěny pánve..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 7.08 Kontrola pomocí tepelné bilance..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 7.09 Kontrola pomocí systému ANSYS WORKBENCH v.12 **Chyba! Záložka není definována.**
8. VÝPOČET CHLAZENÍ ODVÁDĚNÉHO ARGONU **Chyba! Záložka není definována.**
- 8.01 Výpočet tepelného výkonu argonu..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 8.02 Výpočet Reynoldsova čísla argonu ..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 8.03 Výpočet součinitele přestupu tepla ..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 8.04 Výpočet rozdílu teplot na vstupu a výstupu chladicí vody **Chyba! Záložka není definována.**
- 8.05 Výpočet teploty vody na výstupu..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 8.06 Výpočet hydraulického průměru ..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 8.07 Výpočet Reynoldsova čísla ..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 8.08 Výpočet součinitele přestupu tepla ..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 8.09 Výpočet teploty vnější stěny odváděcí trubky ... **Chyba! Záložka není definována.**
- 8.10 Výpočet teploty vnitřní stěny odváděcí trubky ... **Chyba! Záložka není definována.**
- 8.11 Kontrola pomocí bilanční rovnice..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 8.12 Kontrola pomocí bilanční rovnice výměníku ..... **Chyba! Záložka není definována.**
9. VÝSLEDKY VÝPOČTU CHLAZENÍ PODAVAČE, KOKILY A CHLADÍCÍHO BLOKU ..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 9.01 Chlazení podavače..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 9.02 Chlazení kokily ..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 9.03 Stínící blok ..... **Chyba! Záložka není definována.**
10. VÝPOČET TLAKOVÝCH ZTRÁT..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 10.01 Stanovení součinitele tření dolního pláště..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 10.02 Stanovení tlakových ztrát třením..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 10.03 Tlakové ztráty místními odpory ..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 10.04 Tlakové ztráty na vtoku..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 10.05 Celková tlaková ztráta dolní sekce..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 10.06 Tlakové ztráty v ostatních sekcích laboratorní pece **Chyba! Záložka není definována.**
11. ÚPLNÁ STAVEBNÍ STRUKTURA..... **Chyba! Záložka není definována.**

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 12.   | POUŽITÉ ARMATURY, ZAŘÍZENÍ .....                                     | 12 |
| 12.01 | Použité zařízení pro posuvy a nakládění .....                        | 12 |
| 12.02 | Přívod a odvod chladících kapalin .....                              | 12 |
| 12.03 | Kontrola koncentrace O <sub>2</sub> .....                            | 13 |
| 12.04 | Zařízení pro kontrolu teploty taveniny .....                         | 13 |
| 12.05 | Zařízení pro optickou kontrolu pecního prostoru.....                 | 14 |
| 12.06 | Zařízení pro odsání vzduchu z pecního prostoru .....                 | 14 |
| 12.07 | Zařízení pro přívod chladící kapaliny .....                          | 14 |
| 13.   | ZÁVĚR.....   | 15 |
| 14.   | SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....                                      | 16 |
| 15.   | SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A JEDNOTEK .....                             | 17 |
| 16.   | PŘÍLOHY .....  | 18 |
| 16.01 | Příloha č.1 –schéma odvodu tepelné energie .....                     | 18 |
| 16.02 | Příloha č.2 – Měření teploty výstupu technických plynů.....          | 19 |
| 16.03 | Součinitel místních ztrát.....                                       | 19 |
| 16.04 | Připojovací rozměry lineárního aktuátoru NEMA17 .....                | 19 |
| 16.05 | Základní údaje kyslíkového analyzátoru Orbisphere Power Logger ..... | 20 |
| 16.06 | Základní specifikace IR2P.....                                       | 20 |
| 16.07 | Základní specifikace vývěvy SECO SV1025.....                         | 20 |
| 16.08 | Základní specifikace vertikálního čerpadla VLR4-140A.....            | 21 |
| 17.   | SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK.....  | 21 |

# 1. ÚVOD

Na katedře neželezných kovů Fakulty metalurgie a materiálového inženýrství je provozována stávající plazmová laboratorní pec s horizontálním krystalizátorem pro tavení slitin neželezných kovů. Výsledkem tavby v této peci jsou však tvarově nepřesné odlitky. Tyto odlitky se však dají upravit pro další zpracování. Mým úkolem je tedy navrhnout plazmovou laboratorní pec pro další zpracování těchto polotovarů. Tavba bude probíhat do studené pánve a následně odlévána do kokily. Měly by být použity dva plazmové hořáky a zdroj o výkonu 60kW (30kW na hořák). V konstrukčním návrhu pece se zaměřím především na chlazení pánve a kokily. Nejdůležitější je dimenzovat chlazení pánve i kokily tak, aby funkční plocha při plném zatížení neměla vyšší teplotu než 300°C. Pokud by tato hodnota byla překročena, mohla by být tavba znehodnocena materiálem pánve, který při této teplotě difunduje do tavné lázně. V další fázi bych se měl zaměřit na návrh chlazení plášťů a víka laboratorní pece. V neposlední řadě je pak třeba navrhnout chlazení ústí podavačů, kvůli lepšímu využití vsázky a také chladicí okruh pro odváděný argon, který je třeba z bezpečnostních důvodů ochladit na teplotu pod 40°C. Dále je nutno navrhnout formu vzájemného stínění hořáků, aby nedocházelo k jejich poškození. Správnost všech navržených chladicích obvodů se musí početně ověřit pomocí bilančních rovnic, v případě pánve by mohl být navíc použit i systém MKP. Přívody a odvody kapalin a technických plynů by měly být řešeny nejlépe pomocí bezúkapových rychlospojek z důvodu lepší manipulace a použití stejného rozvaděče tlakových kapalin pro více zařízení. Bylo by také vhodné navrhnout prostředek, který by umožňoval snadnou manipulaci s pecí. Samozřejmostí je použití kontrolních a ovládacích prvků, které je možno jednoduše řídit pomocí počítače.

## 12. POUŽITÉ ARMATURY, ZAŘÍZENÍ

### 12.01 Použité zařízení pro posuvy a naklápění

U tohoto zařízení byly použity lineární aktuátory NEMA17 non-captive, které jsou svou velikostí, výkonem a snadným řízením pro tyto úkony ideální. Lineární aktuátor NEMA 17 je zde použit pro posunování vsázky do hořákové sekce, dále pak pro otáčení pánvičkou a výškovou korekci kokily. Specifikace aktuátoru obsahuje příloha č.4.



Obr. č.20 aktuátor NEMA17 [7]

### 12.02 Přívod a odvod chladících kapalin

U všech přívodů a odvodů kapalin jsou použity bezúkapové rychlospojky firmy CEJN. Tyto rychlospojky se pro toto univerzální zařízení skvěle hodí, protože bude chladicí okruh sdílený pro několik dalších pecí. Na zařízení jsou použity rychlospojky série 277,477,577,677, s vnitřními závity.



Obr. č.21 rychlospojky CEJN [8]

### 12.03 Kontrola koncentrace O<sub>2</sub>

Pro správné fungování zařízení je třeba zajistit správnou atmosféru. Z tohoto důvodu bude na odsávání umístěn kyslíkový analyzátor Orbisphere power logger od firmy Denwel. Tímto zařízením je možno po odsání vzduchu pomocí vývěvy zkontrolovat koncentraci O<sub>2</sub> v atmosféře. Specifikace jsou popsány v příloze č.5.



Obr. č. 22 kyslíkový analyzátor [9]

### 12.04 Zařízení pro kontrolu teploty taveniny

Pro zjištění teploty bude v náhledovém otvoru umístěn infračervený teplotní snímač iR2P od firmy OMEGAENG. Tento teplotní snímač kontroluje teplotu taveniny, jeho zorný dosah je nastaven na taveninu a pánev. Specifikace jsou popsány v příloze č.6.



Obr. č.23 IR teploměr iR2P [10]

## 12.05 Zařízení pro optickou kontrolu pecního prostoru

Pro kontrolu vnitřního prostoru pece je použita webová kamera Logitech QuickCam. Pro 9000, s objektivem Carl Zeiss, která má dostačující parametry pro tento případ. Před kamerou bude umístěno svařovací sklo kvůli intenzivnímu záření z prostoru pece.



Obr. č.24 Logitech QuickCam Pro 9000 [11]

## 12.06 Zařízení pro odsání vzduchu z pecního prostoru

Vývěva bude připojena přes trojcestný ventil na odtah spalin, případně může být připojena na odvod umístěný v podavačích a v nahlížecím otvoru. Je zvolena vývěva - suchá rotační lamelová pumpa bezolejová SECO SV1025 se sacím výkonem  $30\text{m}^3/\text{h}$ . Další specifikace jsou popsány v příloze č. 7.



SV 1025 C

Obr. č. 25 SECO SV1025[12]

## 12.07 Zařízení pro přívod chladicí kapaliny

Je použito výkonné čerpadlo VLR4-140A s průtokem  $150\text{l}/\text{min}$ . Čerpadlo je připojeno na rozváděcí tlakové nádoby, které jsou připojeny k peci přes výše popsané rychlospojky. Další specifikace jsou popsány v příloze č. 8.



Obr. č. 26 čerpadlo VLR4-140A[13]



## 13. ZÁVĚR

V diplomové práci jsem se zaměřil na konstrukční návrh laboratorní plazmové pece se studenou páneví. Nejprve byl vypracován požadavkový, funkční list a morfologická matice. Tyto nástroje metodického konstruování byly nápomocny k utřídění poznatků a postřehů k problematice konstrukce pece, ze kterých jsem v konstrukčním návrhu vycházel. Pec je konstruována pro univerzální použití. Lze v ní tavit vsázku buď za použití dvou hořáků přes mezipánve do kokily, nebo po vyjmutí jednoho hořáku a pánve, utěsnění prostoru lze tavit přímo do kokily pomocí jednoho hořáku. Tavba se dvěma hořáky probíhá tak, že je nejprve tavena vsázka z podavačů do chlazené pánve. Po jejím naplnění je pomocí aktuátoru natočena a obsah je přelit do kokily, která je přihřívána druhým hořákem a má možnost výškového nastavení vzhledem k výšce hladiny taveniny a vzdálenosti hořáku. Dále jsou použity dva podavače s chlazeným ústím. To zaručuje vyšší využití vsázky a také lze tavit dvě rozdílné vsázky zároveň. Výpočtově byly zkontrolovány všechny chladicí okruhy navrženého zařízení pomocí bilanční rovnice. Takto bylo ověřeno, že navržené chlazené části zařízení vyhovují požadavkům na předpokládané tepelné zatížení. Z důvodu podobnosti konstrukce některých součástí jsou v práci uvedeny pouze výpočty důležitých součástí. Výsledky zbylých výpočtů byly pro úplnost hodnot uvedeny do přehledných tabulek. Výpočet nejdůležitějšího komponentu zařízení - pánve, byl zkontrolován jak výpočtově, tak pomocí MKP programu ANSYS Workbench 12, kde se potvrdily výsledky výpočtů navržené pánve. Všechny chladicí okruhy, kromě pánve a kokily byly dimenzovány pro případné použití silnějšího plazmového zdroje. Pánve a kokila jsou jednoduše vyměnitelné, což v případě použití vyššího výkonu hořáku umožňuje jejich výměnu za komponentu dimenzovanou na vyšší zatížení. Při návrhu chladících kanálů bylo využito konstrukčního software AutoCAD 2010. Chladící kanály jsou uvedeny v příložených výrobních výkresech. Dále byly vypočteny tlakové ztráty v jednotlivých okruzích zařízení. Bylo požadováno, aby hodnoty tlakových ztrát nepřekročily 0,5MPa. Tohoto bylo dosaženo tak, že byla upravena konstrukce velikosti chladících kanálů. Vstupy a výstupy médií byly navrženy tak, aby mohlo být použito bezúkapových rychlospojek, které jsou již použity na stávajícím zařízení. Zařízení je díky nízké hmotnosti a pojezdovým kolům mobilní, zároveň jej lze však pevně kotvit k zemi pomocí šroubů.

Celkový konstrukční návrh včetně 3D modelu a výkresové dokumentace byl vypracován v programech AutoCAD 2010 a Autodesk Inventor 2010.

## 14. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *Plazmové technologie* [online]. c2008 [cit. 2008-12-10]. Dostupný z WWW: <[http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=26494](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=26494)>.
- [2] JABLONSKÝ, David . *Konstrukční parametry plazmových pecí pro výrobu speciálních slitin*. Ostrava, 2010. 81 s. Dizertační práce. VŠB-TUO.
- [3] *Sdílení tepla a proudění*. [s.l.] : [s.n.], 1998. 180 s. ISBN 80-7078-549-7.
- [4] KADLEC, Zdeněk . *Termomechanika-návody*. Ostrava : -, 2001. Sdílení tepla, s. 97.
- [5] CHUCHMA, Michal. *Hořáková sekce laboratorní pece se zařízením pro dopravu vsázky*. Ostrava, 2009. 36 s. Bakalářská práce. VŠB-TUO.
- [6] HUBKA, Vladimír. *Konstrukční nauka*. Zurrich : HEURISTA, 1995. -, s. 118. ISBN 80-901135-0-8.
- [7] *Servodrive* [online]. 2009 [cit. 2011-05-19]. Krokové lineární motory. Dostupné z WWW: <[http://servo-drive.com/krokov\\_e\\_aktuatory\\_vysokorychlostni\\_vysocepresne\\_nema17.php](http://servo-drive.com/krokov_e_aktuatory_vysokorychlostni_vysocepresne_nema17.php)>.
- [8] *Cejn* [online]. 2010 [cit. 2011-05-19]. High-pressure Hydraulics. Dostupné z WWW: <<http://www.cejn.com/Products/High-pressure-Hydraulics/>>.
- [9] *Denwel* [online]. 2010 [cit. 2011-05-19]. Orbisphere. Dostupné z WWW: <[http://www.denwel.cz/products/producer/orbi/instrument/orbi\\_power\\_o2.htm](http://www.denwel.cz/products/producer/orbi/instrument/orbi_power_o2.htm)>.
- [10] *Omegaeng* [online]. 2011 [cit. 2011-05-19]. IR2P a iR2C. Dostupné z WWW: <<http://www.omegaeng.cz/ppt/pptsc.asp?ref=iR2>>.
- [11] *Lan-shop* [online]. 2011 [cit. 2011-05-19]. QuickCam Pro 9000. Dostupné z WWW: <<http://www.lan-shop.cz/logitech-960-000483-quickcam-pro-9000-86204>>.
- [12] *Energoekonom* [online]. 2011 [cit. 2011-05-19]. Seco. Dostupné z WWW: <[http://www.energoekonom.cz/doc/03\\_vyvevy/Seco\\_03\\_SV\\_SD%201010-1040%20C.pdf](http://www.energoekonom.cz/doc/03_vyvevy/Seco_03_SV_SD%201010-1040%20C.pdf)>.
- [13] *VK čerpadla* [online]. 2011 [cit. 2011-05-19]. Vertikální čerpadla. Dostupné z WWW: <<http://www.vkcerpadla.cz/vertikalni-cerpadla.htm>>.

## 15. SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A JEDNOTEK

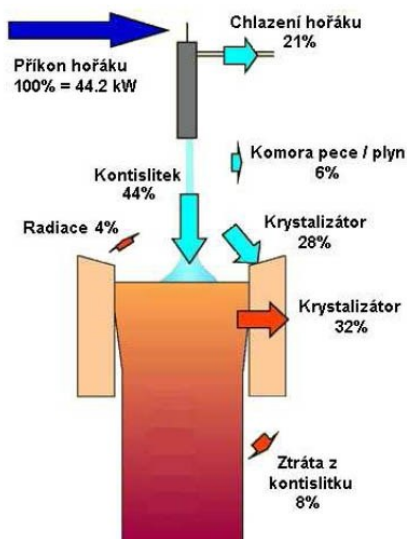
|                         |  |                                      |
|-------------------------|--|--------------------------------------|
| A                       | Koeficient                                   | 1                                    |
| C                       | Konstanta                                    | 1                                    |
| L <sub>k</sub>          | Délka chladicího kanálu                      | m                                    |
| N                       | Koeficient                                   | 1                                    |
| Nu                      | Nusseltovo číslo                             | 1                                    |
| P                       | Tepelný výkon                                | W                                    |
| Pr                      | Prandtlovo číslo                             | 1                                    |
| P <sub>v</sub>          | Tepelný výkon na víko                        | W                                    |
| Re                      | Reynoldsovo číslo                            | 1                                    |
| S                       | Zúžený průřez                                | m <sup>2</sup>                       |
| S <sub>1</sub>          | Rozšířený průřez                             | m <sup>2</sup>                       |
| S <sub>k</sub>          | Průřez chladicího kanálu                     | m <sup>2</sup>                       |
| S <sub>k1</sub>         | Průřez chladicího kanálu víka                | m <sup>2</sup>                       |
| S <sub>v</sub>          | Teplosměnná plocha víka                      | m <sup>2</sup>                       |
| a                       | Strana chladicího kanálku                    | m                                    |
| a <sub>H2O</sub>        | Součinitel tepelné vodivosti vody            | m <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup>      |
| b                       | Strana chladicího kanálku                    | m                                    |
| c <sub>pH2O</sub>       | Měrná tepelná kapacita vody při stálém tlaku | kJ.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> |
| d <sub>h</sub>          | Hydraulický průměr                           | m                                    |
| l                       | Délka pláště                                 | m                                    |
| l <sub>v</sub>          | Tloušťka stěny víka                          | m                                    |
| o                       | Obvod chladicího kanálku                     | m                                    |
| Δp <sub>z</sub>         | Celková tlaková ztráta                       | Pa                                   |
| Δp <sub>zm</sub>        | Místní tlaková ztráta                        | Pa                                   |
| Δp <sub>ztř</sub>       | Tlaková ztráta třením                        | Pa                                   |
| q <sub>l</sub>          | Lineární hustota tepelného toku              | W.m <sup>-1</sup>                    |
| r <sub>1</sub>          | Vnitřní poloměr pláště                       | m                                    |
| r <sub>2</sub>          | Vnější poloměr pláště                        | m                                    |
| $\overline{\Delta t}$   | Střední teplotní spád                        | °C                                   |
| $\overline{\Delta t}_1$ | Střední teplotní spád na víku                | °C                                   |
| Δt <sub>H2O</sub>       | Rozdíl teplot na vstupu a výstupu            | °C                                   |
| Δt <sub>H2Ov</sub>      | Rozdíl teplot na vstupu a výstupu u víka     | °C                                   |
| t <sub>H2Ostř</sub>     | Teplota chladicí vody střední                | °C                                   |
| t <sub>H2Ostř1</sub>    | Teplota chladicí vody střední u víka         | °C                                   |
| t <sub>H2Ovstup</sub>   | Teplota chladicí vody na vstupu              | °C                                   |
| t <sub>H2Ovýstup</sub>  | Teplota chladicí vody na výstupu             | °C                                   |
| t <sub>H2Ovýstup1</sub> | Teplota chladicí vody na výstupu u víka      | °C                                   |

|                        |                                      |                                 |
|------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| $t_{\text{svnější}}$   | Teplota vnější strany pláště         | $^{\circ}\text{C}$              |
| $t_{\text{svnější1}}$  | Teplota vnější strany pláště u víka  | $^{\circ}\text{C}$              |
| $t_{\text{svnitřní}}$  | Teplota vnitřní strany pláště        | $^{\circ}\text{C}$              |
| $t_{\text{svnitřní1}}$ | Teplota vnitřní strany pláště u víka | $^{\circ}\text{C}$              |
| $w$                    | Rychlost chladicí vody               | $\text{m.s}^{-1}$               |
| $\Lambda$              | Součinitel tření                     | 1                               |
| $\alpha$               | Součinitel přestupu tepla            | $\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ |
| $\alpha_v$             | Součinitel přestupu tepla u víka     | $\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ |
| $\lambda_{\text{H2O}}$ | Součinitel tepelné vodivosti vody    | $\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ |
| $\xi$                  | Ztrátový součinitel                  | 1                               |
| $\rho$                 | Hustota vody                         | $\text{kg.m}^{-3}$              |
| $\chi$                 | Teplotní konstanta                   | 1                               |
| $\dot{m}$              | Hmotnostní tok vody                  | $\text{kg.s}^{-1}$              |
| $k$                    | Prostup tepla stěnou                 | $\text{kg.s}^{-1}$              |

Tab. č. 6 Použité značky

## 16.PŘÍLOHY

### 16.01 Příloha č.1 –schéma odvodu tepelné energie



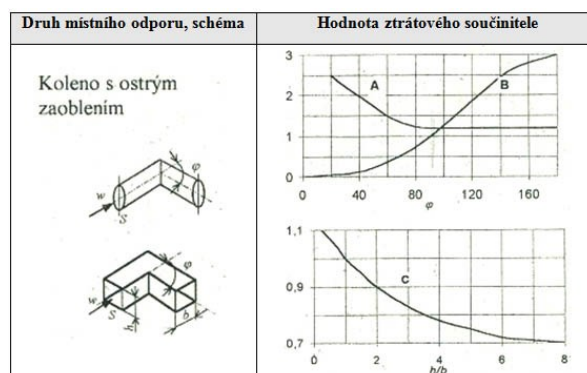
Obr. č.27 schéma odvodu tepelné energie během odlévání kontislitku [2]

## 16.02 Příloha č.2 – Měření teploty výstupu technických plynů



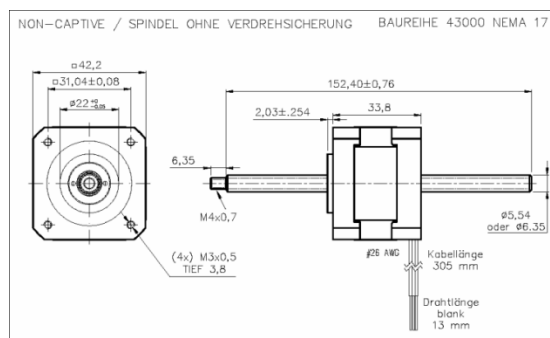
Obr. č.28 měření teploty výstupu technických plynů na reálném zařízení

## 16.03 Součinitel místních ztrát



Obr. č.29 součinitel místních ztrát [3]

## 16.04 Připojovací rozměry lineárního aktuátoru NEMA17



Obr. č.30 Připojovací rozměry NEMA17 [7]

## 16.05 Základní údaje kyslíkového analyzátoru Orbisphere Power Logger

|  |   |
|--|---|
| Power Logger<br>Rozsah měření rozpuštěného O <sub>2</sub>                  | 0,1 ppb - 20 ppm  |
| Micro Logger Dual<br>Rozsah měření rozpuštěného/plynného O <sub>2</sub>    | 1 ppb (0,1 ppb při připojení k PC) - 20 ppm / 1 ppm - 99,9% obj |
| Micro Logger Dual EX<br>Rozsah měření rozpuštěného/plynného O <sub>2</sub> | 1 ppb - 20 ppm / 1 ppm - 99,9% obj                              |
| Relativní odchylka   | 1% z naměřené hodnoty   |
| Teplotně kompenzovaný rozsah měření  | 0 - 45°C  |
| Teplotní rozsah senzoru  | 0 - 100°C   |
| Maximální tlak vzorku  | 20 bar  |
| Napájení   | 2,4 - 3V DC ( 2x články typu C, 26x50 mm)                       |
| Provoz na 1 nabití baterií   | 40 h  |
| Sériové rozhraní   | RS-232, software, PC kabel                                      |
| Rozměry  | 115 mm x 150 mm x 220 mm, IP 67                                 |
| Hmotnost   | 2,4 kg  |

Obr. č.31 údaje kyslíkového analyzátoru Orbisphere Power Logger [9]

## 16.06 Základní specifikace IR2P

**Přesnost:** 0.2 % z rozsahu

**Opakovatelnost:** 0.2 % z rozsahu

**Rozlišení teploty:** 1 stupeň

**Rozsah teploty:**

- R1 300 až 1300 °C (572 až 2372 °F)

- R2 600 až 1800 °C (1112 až 3272 °F)

- R3 1000 až 3000 °C (1832 až 5432 °F) [10]

## 16.07 Základní specifikace vývěvy SECO SV1025

|                                       | Seco 1025 C |      |       |
|---------------------------------------|-------------|------|-------|
|                                       | SV          | SD   |       |
| Nominální průtok<br>[m3/hod]          | 25          |      |       |
| Koncový tlak (abs.)<br>[mbar]         | 120         | -    |       |
| Přetlak (rel.)<br>[bar]               | -           | +0,6 | +1,0* |
| Výkon motoru<br>[kW]                  | 0,9         | 1,1* |       |
| Otáčky motoru<br>[min <sup>-1</sup> ] | 1500        |      |       |
| Hlučnost (DIN 45635)<br>[dB(A)]       | 62          |      |       |
| Hmotnost<br>[kg]                      | 31          |      |       |

Obr. č. 32 Tabulkové hodnoty vývěvy SECO SV1025 [12]

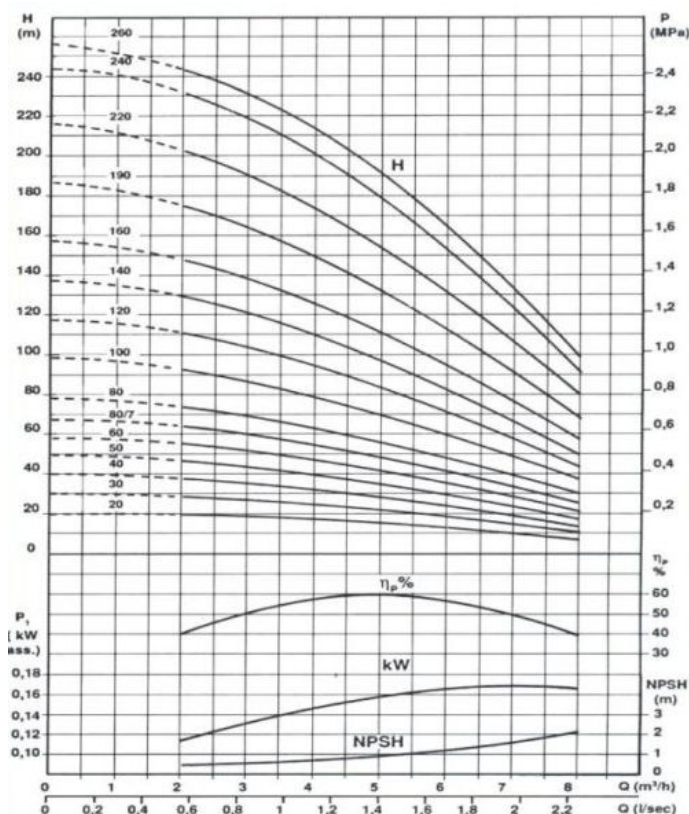


## 16.08 Základní specifikace vertikálního čerpadla VLR4-140A

Příkon: 3kW

Průtok: 120l/min

Dopravní výška: 124m



Obr. č.33 diagramová křivka čerpadla VLR4-140A [13]

## 17.SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obr. č.1 principiální schéma plazmových generátorů s elektrodami[1]

Obr. č.2 princip plazmatronu[1]

Obr. č.3 schéma plazmové pece s jedním hořákem [2]

Obr. č. 4 plazmová pec se dvěma hořáky [2]

Obr. č. 5 plazmová pec v Birminghamu [2]

Obr. č. 6 schéma technického systému

Obr. č. 7 blokové schéma (důležité prvky)

Obr. č. 8 hrubá stavební struktura

Obr. č. 9 stavební struktura hořákové sekce

Obr. č. 10 stavební struktura víka

Obr. č. 11 stavební struktura dolní sekce

Obr. č. 12 teplotní analýza pánvičky

Obr. č.13 souproudý výměník[6]

Obr. č. 14 přední pohled-nárys

Obr. č.15 přední pohled-řez

Obr. č.16 boční pohled-pravý bokorys

Obr. č.17 boční pohled-pravý bokorys-řez

Obr. č. 18 schéma chladicího obvodu

Obr. č.19 popis zařízení

Obr. č.20 aktuátor NEMA17 [7]

Obr. č.21 rychlospojky cejn[8]

Obr. č. 22 kyslíkový analyzátor[9]

Obr. č.23 IR teploměr iR2P [10]

Obr. č.24 Logitech QuickCam Pro 9000 [11]

Obr. č. 25 SECO SV1025[12]

Obr. č. 26 čerpadlo VLR4-140A[13]

Obr. č.27 schéma odvodu tepelné energie během odlévání kontislitku[2]

Obr. č.28 měření teploty výstupu technických plynů na reálném zařízení

Obr. č.29 součinitel místních ztrát[3]

Obr. č.30 připojovací rozměry NEMA17[7]

Obr. č.31 údaje kyslíkového analyzátoru Orbisphere Power Logger[9]

Obr. č. 32 tabulkové hodnoty vývěvy SECO SV1025[12]

Obr. č.33 diagramová křivka čerpadla VLR4-140A

Tab. č. 1 morfologická matice

Tab. č. 2 chlazení podavače

Tab. č. 3 chlazení kokily

Tab. č. 4 stínící blok

Tab. č. 5 tlakové ztráty v ostatních sekcích laboratorní pece

Tab. č. 6 použité značky

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.